

# **DISTINTOS TIPOS DE CONDICIONES CLIMÁTICAS EN EL SECTOR NORATLÁNTICO CONDUCENTES A PRECIPITACIONES ANÓMALAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA**

Pilar M. LORENTE LORENTE, Francisco J. ÁLVAREZ GARCÍA, María J. ORTIZ BEVIÁ, William D. CABOS NARVÁEZ

*Grupo de Física del Clima, Departamento de Física, Universidad de Alcalá*  
**pilar.lorente@alu.uah.es, franciscoj.alvarez@uah.es, mjose.ortiz@uah.es,**  
**william.cabos@uah.es**

## **RESUMEN**

Este trabajo investiga diferentes secuencias y estructuras en los campos de temperatura superficial del océano (SST) y de presión a nivel del mar (SLP) sobre el Atlántico norte determinantes de la ocurrencia de condiciones anormalmente secas en invierno en diferentes áreas de la Península Ibérica. La definición de tales áreas se efectúa sobre la base de un análisis de componentes principales de las anomalías normalizadas de la precipitación invernal sobre la Península Ibérica durante el período de 1901 a 2002, a partir de las observaciones suministradas por la base de datos CRU TS 2.1, con una resolución espacial de  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ . Seguidamente se seleccionan, en las distintas regiones demarcadas, los episodios excepcionalmente secos y, considerándolos por separado, se somete el campo de anomalías de SST sobre el Atlántico norte a un análisis de clasificación en *clusters* destinado a identificar grupos de episodios caracterizados por una configuración común. A partir de esta clasificación se examinan las peculiaridades que en cada caso se asocian a la reducción de las precipitaciones.

**Palabras clave:** Precipitaciones extremas, Península Ibérica, Cluster, SST, SLP.

## **ABSTRACT**

This work investigates distinct structures in the sea surface temperature (SST) and sea level pressure (SLP) fields over the North Atlantic leading to anomalously dry wintertime conditions in different areas of the Iberian Peninsula. The definition of these areas is based on a Principal Components analysis of the normalized winter rainfall over the Iberian Peninsula from 1901 through 2002. The precipitation data belongs to the CRU TS 2.1 dataset, with a spatial resolution of  $0.5^\circ$  in both latitude and longitude. The driest winters in each region are selected and then classified into different clusters according to the configuration of the SST anomalies in the North Atlantic. The characteristic features of each cluster, associated with the occurrence of dry winters in the corresponding region, are then described and discussed.

**Key words:** Extreme precipitation, Iberian Peninsula, Cluster, SST, SLP.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La irregularidad de la precipitaciones en la mayor parte de la Península Ibérica, y la consiguiente criticidad de los recursos hídricos disponibles en ella, confieren un notable interés

a la identificación y sistematización de las situaciones que conducen a anomalías de precipitación en dicha zona. La complejidad climática de la Península Ibérica exige una diferenciación regional a la hora de abordar esta tarea. Así, estudios previos (CUADRAT y VICENTE, 2004) indican la existencia de cuatro áreas con comportamientos individualizados en la evolución de las sequías: norte, nordeste, sudeste y centro-oeste, los cuales se relacionan con distintos patrones atmosféricos. Por otra parte, trabajos basados en Análisis de Componentes Principales han relacionado diferentes estructuras espaciales en la variabilidad de la precipitación de la Península Ibérica con diversos índices de teleconexión (RODRÍGUEZ-PUEBLA *et al.*, 2001; LÓPEZ-BUSTINS *et al.*, 2007).

En el presente estudio, la Península Ibérica ha sido dividida en cuatro regiones, y se han investigado cuáles son las estructuras de los campos de anomalías de SLP y SST asociadas a los inviernos más secos y húmedos en cada una de ellas.

## 2. DATOS Y METODOLOGÍA

Los datos pluviométricos analizados en este trabajo proceden de la base de datos CRU TS 2.1. (MITCHELL y JONES, 2005). Se recogen en ella las precipitaciones mensuales observadas en estaciones meteorológicas repartidas por todo el planeta a largo del periodo 1901-2002, trasladadas a una red geográfica regular de una resolución de  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ . Dentro del dominio de interés, la Península Ibérica, se han considerado cuatro cuadrantes con límites establecidos con la ayuda de un Análisis de Componentes Principales. El primer cuadrante seleccionado engloba la región suroccidental (SO:  $36^\circ\text{N}$ - $40^\circ\text{N}$ ;  $10^\circ\text{O}$ - $3,5^\circ\text{O}$ ), el segundo, el área noroccidental (NO:  $40^\circ\text{N}$ - $44^\circ\text{N}$ ;  $10^\circ\text{O}$ - $3,5^\circ\text{O}$ ), el tercero la zona nororiental (SE:  $36^\circ\text{N}$ - $40^\circ\text{N}$ ;  $3,5^\circ\text{O}$ - $3^\circ\text{E}$ ), y el último la región nororiental (NE:  $40^\circ\text{N}$ - $44^\circ\text{N}$ ;  $3,5^\circ\text{O}$ - $3^\circ\text{E}$ ). En cada una de esas regiones, se ha calculado la precipitación total recogida, sumando las contribuciones de los puntos de malla incluidos en cada una de ellas, en los meses de enero a marzo. Para cada región, se han determinado los 30 inviernos más secos y más húmedos reflejados en la precipitación total de cada zona en el periodo 1901 a 2002. Seguidamente, se ha sometido cada conjunto de 30 inviernos a una clasificación en clusters atendiendo a las condiciones, promediadas también en los meses de enero a marzo, de las anomalías de SST del Atlántico Norte. Éstas han sufrido previamente un análisis de Componentes Principales destinado a reducir las dimensiones del campo de datos, reteniéndose un 90% de la varianza total en 15 PC's, a las que se aplica un procedimiento jerárquico de aglomeración según el método de Ward, tomando como criterio de clasificación la distancia euclídea cuadrada. La robustez de los clusters establecidos se ha comprobado mediante un análisis alternativo haciendo uso del algoritmo k-medias. Una vez conformados los distintos grupos, se ha determinado la estructura de las anomalías de SST y SLP correspondiente a los distintos conglomerados obtenidos promediando sobre sus respectivos elementos.

Los datos de SST utilizados se han extraído de la versión 1.1 de la base de datos del Centro Hadley de la Oficina Meteorológica británica (HadISST1.1; RAYNER *et al.*, 2003), que suministra observaciones desde 1870 hasta la actualidad, en una malla regular de  $1^\circ \times 1^\circ$ , mientras que los datos de SLP del Hemisferio Norte se han obtenido de la base de datos HadSLP2 (ALLAN y ANSELL, 2006), con una resolución de  $5^\circ \times 5^\circ$ .

Un índice de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) de invierno (Diciembre – Marzo) basado en dos estaciones (Lisboa-Stykkisholmur) se obtuvo de la Sección de Análisis del Clima

(Climate Analysis Section), NCAR, Boulder, EE.UU. (HURRELL, 1995), con el fin de computar el valor promedio del índice NAO en cada uno de los conglomerados, dada la relevancia de esta señal en lo que afecta a la variabilidad climática de Europa.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación total en la estación de invierno es notablemente distinta en las cuatro regiones (Figura 1), alcanzando la suma de la recogida en todos los puntos de red unos valores medios de 6558 mm. en la región SO, 8143 mm. en la región NO, 957 mm. en la región SE, y 959 mm. en la región NE, y unas desviaciones típicas de 2982 mm. (SO), 3294 mm. (NO), 193 mm. (SE) y 365 mm. (NE).

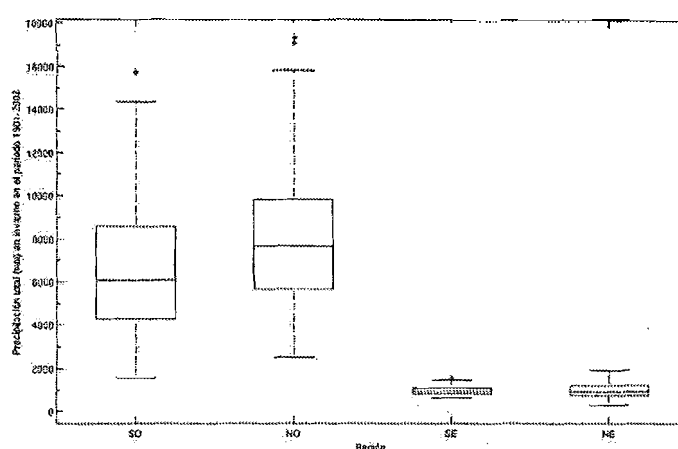


Figura 1. Boxplot de la precipitación total invernal en mm. (1901-2002) en las regiones SO, NO, SE y NE de la Península Ibérica.

En las cuatro series temporales resultantes, se han seleccionado los 30 inviernos más secos y más húmedos del periodo bajo estudio. En la tablas 1 y 2 se indica el número de estos inviernos que presentan en común las distintas regiones. Puede apreciarse que las zonas NO y SO tienen en común alrededor de dos terceras partes de esos inviernos, tanto en el caso de los más húmedos como en el de los secos, mientras que las zonas NO y NE poseen en común la mitad de los inviernos más lluviosos, y solamente la tercera parte de los más secos. A modo de ejemplo de esta disparidad, el invierno más seco de la región SO corresponde al año 1907; del mismo modo, el invierno de 1907 fue el más seco en la región NO, y se incluye entre los 10 más secos de la región NE. El índice NAO normalizado en invierno de 1907 tuvo un valor medio de +0,89. No obstante, el invierno de 1907 no pertenece a los 30 más secos de la región SE.

	SO	NO	SE	NE
SO	—	22	16	21
NO	22	—	11	15
SE	16	11	—	17
NE	21	15	17	—

**Tabla 1.** Número de inviernos secos en común entre las distintas regiones.

	SO	NO	SE	NE
SO	—	23	15	18
NO	23	—	14	15
SE	15	14	—	20
NE	18	15	20	—

**Tabla 2.** Número de inviernos húmedos en común entre las distintas regiones.

Los 30 inviernos más secos de la región SO se agrupan en 3 clusters (tabla 3). Se observa que el invierno más seco del periodo está incluido en el primer cluster, mientras que 7 de los 10 inviernos más secos pertenecen al segundo cluster. El tercer cluster no incluye ninguno de los 10 inviernos más secos. Respecto a la región NO, los 30 inviernos más secos se han agrupado asimismo en tres clusters (tabla 4). Los 10 inviernos más secos del periodo se incluyen en los clusters 1 y 2, al igual que en la región SO. Destaca la agrupación de los inviernos secos correspondientes a 1905-1911, en el cluster 1. La secuencia de años secos 1909-14 ha sido descrita por OLCINA (2001), que indica que los años 1910, 1911 y 1912 resultaron muy secos en la práctica totalidad de las regiones españolas; en nuestro estudio el invierno de 1910 se incluye entre los 30 más secos en las cuatro regiones, mientras que el invierno de 1911 resulta particularmente seco en la región NO, siendo uno de los 10 más secos del periodo en esta región, pero no es uno de los 30 más secos en las regiones restantes.

	Cluster 1			Cluster 2			Cluster 3		
Años	<b>1907</b> ,	1935,	1905,	1983,	2000,	1938,	1949,	1990,	1961,
	1934,	1923,	1910,	1992,	1944,	1993,	1989,	1973,	1950,
	1921,	1903,	1925,	1945,	1981,	1999,	1957		
	1976,	1908		1995,	1953,	1998			

**Tabla 3.** Clasificación de los 30 inviernos más secos de la región SO (36°N-40°N; 10°O-3.5°O). Se han subrayado los 1° inviernos más secos.

	Cluster 1			Cluster 2			Cluster 3		
Años	1907,	1911,	1935,	1953,	1944	1993,	1921,	1949,	1903,
	1908,	1976,	1905,	2000,	1938,	1992,	1990,	1932,	1961,
	1909,	1910,	1920,	1998,	1983,	1997,	1929,	1950,	1982,
	1906			1981			1989		
Media NAO	+0,63			+0,72			+0,80		
Desviación típica NAO	0,48			0,67			0,99		

**Tabla 4.** Clasificación de los 30 inviernos más secos de la región NO (40°N-44°N; 10°O-3.5°O). Se han subrayado los 10 inviernos más secos. Índice NAO medio y desviación típica del índice en los inviernos de cada cluster.

Los mapas de anomalías de SLP y SST correspondientes a los clusters 1, 2 y 3 de la región SO, y sus homólogos en la región NO reflejan las mismas estructuras, de manera que presentamos únicamente los correspondientes a la región SO (figura 2). Las anomalías de SLP asociadas al cluster 1 (figura 2a) muestran una configuración indicativa de una fase positiva de la NAO, en consistencia con la reducción de precipitaciones asociada a ella. Las anomalías de SST (figura 2d) son frías en toda la banda tropical, y la configuración del Pacífico sugiere la ocurrencia de un episodio frío de ENSO. Tales eventos han sido relacionados con una fase positiva de la NAO (POZO-VÁZQUEZ *et al.*, 2005). Las anomalías de SST del cluster 2 (figura 2e) resultan totalmente opuestas a las del grupo anterior, y hay anomalías cálidas en la mayor parte de los trópicos y en una franja en las latitudes medias del Atlántico Norte desde Norteamérica hasta las costas europeas. La estructura de las anomalías de SLP (figura 2b) se asemeja al patrón de teleconexión del Este del Atlántico y Oeste de Rusia (EA/WR; Horel, 1981), cuya influencia sobre la precipitación europea ha sido destacada en estudios previos. El tercer cluster presenta una configuración de las anomalías de SLP similar a la de la fase positiva de la NAO, pero caracterizada por un marcado desplazamiento hacia el este de los centros de acción. En el campo de anomalías de SST en el Atlántico Norte, se sugiere la presencia del tripolo de SST propio de NAO, y destacan las anomalías cálidas en el Atlántico ecuatorial y en el Mediterráneo occidental. La conexión entre anomalías cálidas en estas dos regiones y una extensión hacia el este de los centros de acción de la NAO ha sido señalada por ÁLVAREZ-GARCÍA *et al.*, 2010.

Los 30 inviernos más secos de la región SE se han agrupado en dos conglomerados (tabla 5). Al primero de ellos pertenece el invierno más seco del periodo (1945), así como otros 7 de los 10 inviernos más secos. El segundo conglomerado incluye dos de los inviernos más secos, correspondientes a 1912 y 1931, llamativamente caracterizados por un índice NAO negativo. La media del índice NAO de este segundo cluster es de hecho negativa (-0,17), si bien presenta una gran dispersión. Un test *t de Student* indica que la media del índice NAO en los inviernos que conforman el cluster 1 es significativamente superior (99%) a la del cluster 2.

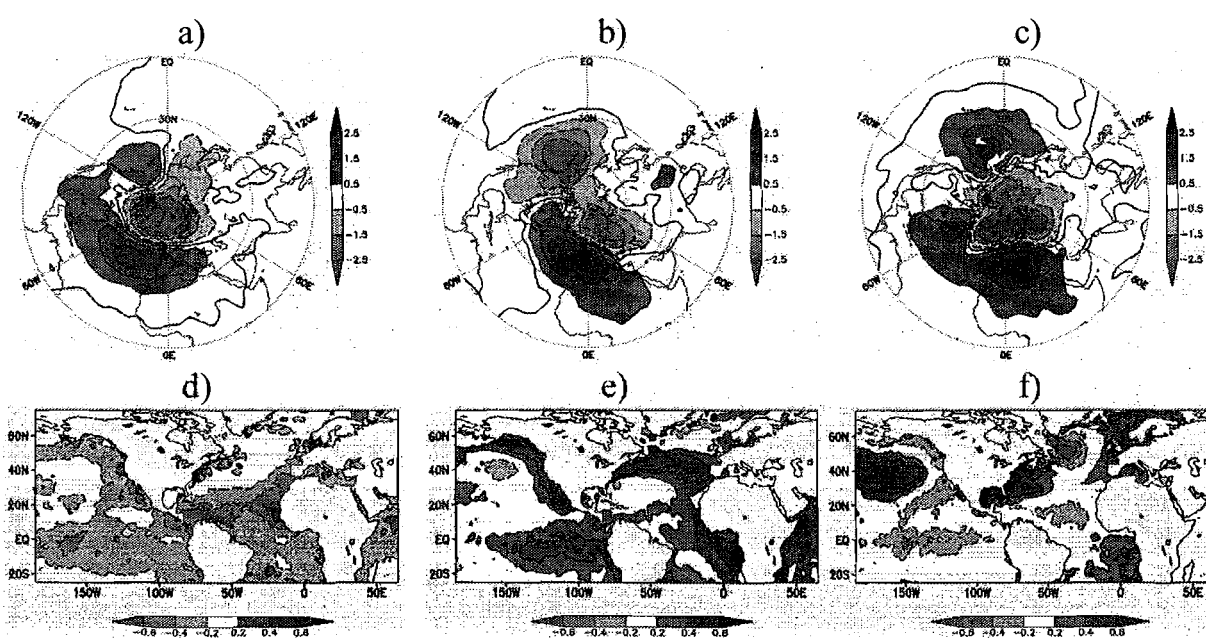


Figura 2. Anomalías medias de SLP (hPa) (a, b y c) y SST (K) (d, e y f) asociadas a la clasificación de los 30 años más secos de la región SO, para el cluster 1 (a y d), para el cluster 2 (b y e) y para el cluster 3 (c y f). Las líneas continuas indican valores positivos, mientras que las discontinuas indican valores negativos.

	Cluster 1				Cluster 2			
Años	1945,	1983,	1995,	1994,	1912,	1931,	1964,	1978,
	1954,	1903,	1950,	1953,	1970,	1981,	1913,	1985,
	1973,	1938,	1999,	1944,	1930,	1916		
	1935,	1939,	1990,	1927,				
	1934,	1952,	1910,	1998				
Media NAO	+0,75				-0,17			
Desviación típica NAO	0,65				0,85			

**Tabla 5.** Clasificación de los 30 inviernos más secos de la región SE (36°N-40°N; 3.5°O-3°E). Se han subrayado los 10 inviernos inás secos; índice NAO medio y desviación típica del índice en los inviernos de cada cluster.

Las anomalías de SLP del primero (figura 3a) confirman, efectivamente, su asociación con la fase positiva de la NAO, con una ligera ampliación de sus centros de acción hacia el este, y la aparición de anomalías negativas de SLP en Europa oriental, lo que confiere a la estructura cierta proyección sobre EA/WR. Anomalías cálidas de SST se dan en tres focos esencialmente: el Atlántico ecuatorial, el oeste y centro del Atlántico en latitudes medias, y los mares del Norte, Báltico y de Noruega (figura 3c).

El cluster 2 se caracteriza por anomalías de SLP negativas desde Terranova hasta Centroeuropa, y anomalías positivas más al este y al norte (figura 3b). En el Atlántico Norte hay una lengua

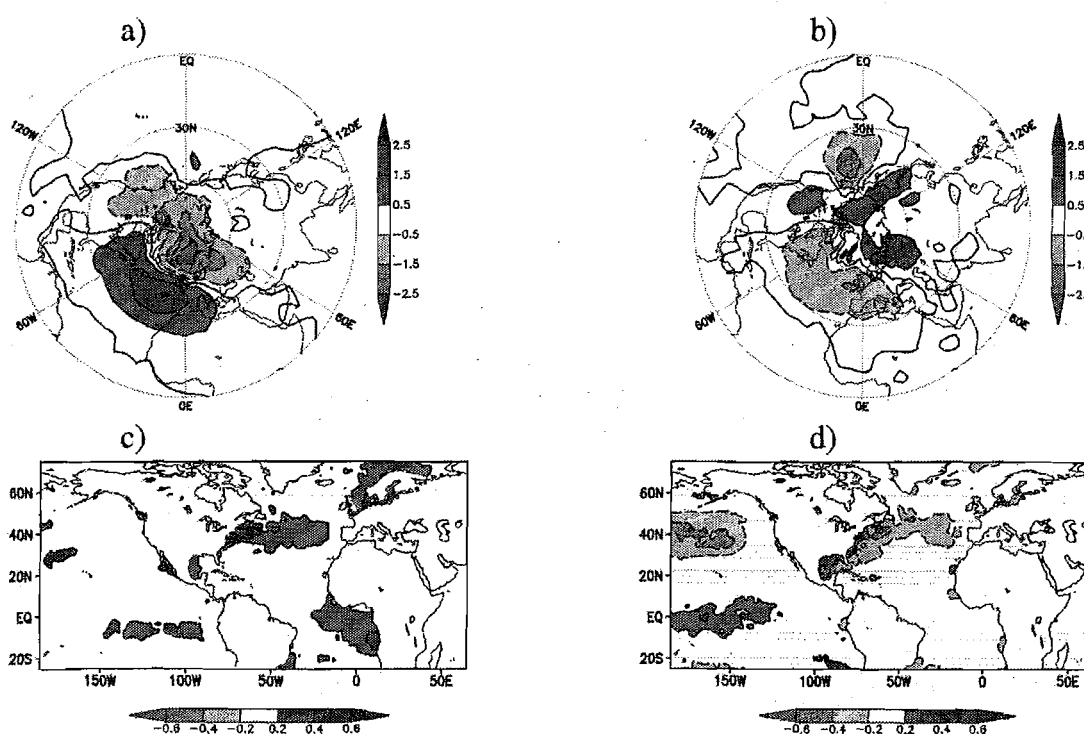


Figura 3. Anomalías medias de SLP (hPa) (a y b) y SST (K) (c y d) asociadas a la clasificación de los 30 años más secos de la región SE, para el cluster 1 (a y c) y para el cluster 2 (b y d). Las líneas continuas indican valores positivos, mientras que las discontinuas indican valores negativos.

fría que se extiende desde la costa norteamericana hasta las proximidades de la Península Ibérica, mientras en el Pacífico aparecen lo que pudieran ser el remanente de un episodio cálido de ENSO. La ocurrencia de anomalías negativas de SLP sobre el Atlántico Norte en conexión con eventos cálidos de ENSO ha sido indicada por otros autores (TONIAZZO y SCAIFFE, 2006). Condiciones más secas en el este peninsular en invierno y primavera han sido también vinculadas a anomalías cálidas en el Pacífico tropical (MARIOTTI *et al.*, 2002; RODRÍGUEZ-PUEBLA, *et al.* 2001). Puede apreciarse que la incidencia de condiciones secas en los inviernos correspondientes a este segundo cluster de la región SE está limitada, dentro de la Península, a dicha área (figura 4). Un ejemplo de este tipo de inviernos es el de 1912, que presenta una disimilitud entre las distintas regiones, resultando ser un invierno seco en las regiones orientales (SE y NE) y un invierno húmedo en las regiones occidentales (SO y NO), y que efectivamente coincidió con un evento de El Niño.

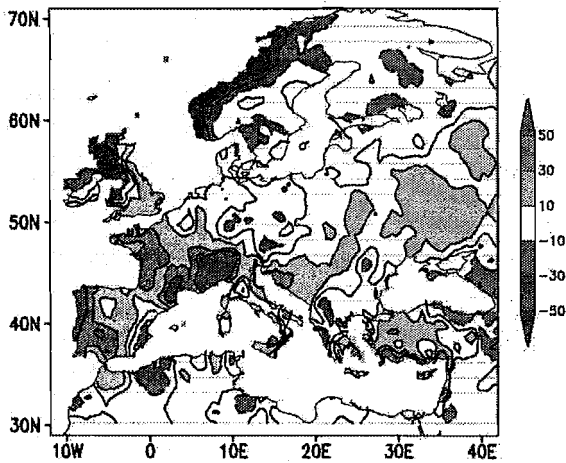


Figura 4. Anomalías de precipitación (mm) asociadas a los inviernos secos del cluster 2 en la región SE. Las líneas continuas indican valores positivos; las discontinuas, valores negativos.

En cuanto al NE peninsular, los 30 inviernos más secos se han agrupado en 3 clusters (tabla 6), dos de los cuales presentan rasgos similares, en lo que respecta a las anomalías de SLP y SST asociadas a los clusters 1 y 2 de las regiones SO y NO, respectivamente vinculados a la NAO y a EA/WR; el tercer cluster de la región NE se asemeja, en cambio, al cluster 2 de la región SE. La región NE, por tanto, muestra un comportamiento mixto entre las zona NO y SO, de un lado, y la región SE.

	Cluster 1				Cluster-2				Cluster 3
Años	1995,	1983,	1938,	1905,	1994,	1907,	1939,	1981,	1988,
	1944,	1961,	1953,	1910,	1976,	1925,	1912,	1943,	1966,
	1950,	2000,	1973,	1914,	1923,	1909,	1927		
	1957,	1945,	1990	1935,	1934				

**Tabla 6.** Clasificación de los 30 inviernos más secos de la región NE (40°N-44°N; 3.5°O-3°E). Se han subrayado los 10 inviernos más secos.

#### 4. CONCLUSIONES

Hay una gran coherencia en la ocurrencia de condiciones inuy secas en invierno en la franja occidental de la Península Ibérica, como revela el hecho de que alrededor de las dos terceras partes de los 30 inviernos más secos en las zonas SO y NO son comunes a ambas. Tres tipos de situaciones atmosféricas se asocian los inviernos secos en estas dos áreas: fases positivas de la NAO, altas presiones sobre la Península conectadas con el patrón EA/WR, y una configuración semejante a la fase positiva de la NAO, con sus centros de acción desplazados hacia el este. A pesar de que no es la única estructura asociada a sequía invernales, conviene señalar que de los 30 inviernos más secos en la región SO, Únicamente 1953 presenta un índice NAO negativo (-0,07), observándose que en los inviernos que tienen un promedio de índice NAO negativo es difícil que tenga lugar un invierno anormalmente seco en la región SO. También buena parte de los inviernos más secos del SE peninsular se caracterizan por tener lugar bajo una fase positiva de la NAO; existe en esta zona, sin embargo, otra clase de inviernos secos, caracterizados por la preeminencia de bajas presiones en las latitudes medias del Atlántico Norte y por una alta localización de las condiciones secas, restringidas a la región SE. Tales inviernos parecen hallarse vinculados al desarrollo de un evento cálido en el Pacífico tropical. Finalmente, el NE peninsular presenta rasgos mixtos, con parte de sus inviernos agrupados en clases similares a las dos primeras de las regiones SO y NO, y otra parte con elementos semejantes a los inviernos secos de la región NE.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- ALLAN, R. y ANSELL, T. (2006): "A New Globally Complete Monthly Historical Gridded Mean Sea Level Pressure Dataset (HadSLP2): 1850-2004". *Journal of Climate*, 19: pp. 5816-5842.
- ÁLVAREZ-GARCÍA, F.J.; LORENTE-LORENTE, P.M. y ORTIZ-BEVIÁ, M.J. (2010): "Quasi-quadrennial variability in European precipitation". *International Journal of Climatology*, enviado.
- CUADRAT, J.M. y VICENTE-SERRANO, S.M.: "Comportamiento de las sequías en la Península Ibérica: análisis mediante el Standardized Precipitation Index". En: GARCÍA CODRÓN, J.C. et al. (Eds.): *El clima, entre el mar y la montaña*. Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria, pp. 245-254.
- HOREL, J.D. (1981): "A Rotated Principal Component Analysis of the Interannual Variability of the Northern Hemisphere 500 mb Height Field". *Monthly Weather Review*, 109: pp. 2080-2092.
- HURRELL, J.W. (1995): "Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation". *Science*, 269: pp. 676-679.
- LÓPEZ-BUSTINS, J.-A.; MARTÍN-VIDE, J. y SÁNCHEZ-LORENZO, A. (2008): "Iberia winter rainfall trends based upon changes in teleconnection and circulation patterns". *Global and Planetary Change*, 63: pp. 171-176.
- MARIOTTI, A.; ZENG, N. y LAU, K.-M. (2002): "Euro-Mediterranean rainfall and ENSO- a seasonally varying relationship". *Geophysical Research Letters*, 29(12): 1621.
- MITCHELL, T.D. y JONES, P.D. (2005): "An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids". *International Journal of Climatology*, 25: pp. 693-712.
- OLCINA, J. (2001). "Tipología de sequías en España." *Ería*, 56, pp. 201-227.
- POZO-VÁZQUEZ, D.; GÁMIZ-FORTIS, S.R.; TOVAR-PESCADOR, J.; ESTEBAN-



- PARRA, M.J. y CASTRO-DÍEZ, Y. (2005): "North Atlantic winter SLP anomalies based on the autumn ENSO state". *Journal of Climate*, 18: pp. 97-103.
- RAYNER, N.A.; PARKER, D.E.; HORTON, E.B.; FOLLAND, C.K.; ALEXANDER, L.V., ROWELL, D.P.; KENT, E.C. y KAPLAN A. (2003). "Global analyses of SST, sea ice and night marine air temperature since the late nineteenth century". *Journal of Geophysical Research*, 108: 4407.
- RODRÍGUEZ-PUEBLA, C.; ENCINAS, A.H.; y SÁENZ, J. (2001): "Winter precipitation over the Iberian peninsula and its relationship to circulation indices". *Hydrology and Earth System Sciences*, 5(2): pp. 233-244.
- TONIAZZO, T. y SCAIFFE, A.A. (2006): "The influence of ENSO on winter North Atlantic climate". *Geophysical Research Letters*, 33: L24704.